



СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МЕДИЧНИЙ ІНСТИТУТ  
КАФЕДРА ФІЗІОЛОГІЇ І ПАТОФІЗІОЛОГІЇ

Опорний конспект лекції з фізіології  
на тему:

# Фізико-хімічні властивості крові

# **Склад фізіологічної системи крові (ФСК) :**

- 1) периферична кров;
- 2) органи кровотворення та руйнування крові;
- 3) механізми нервової і гуморальної регуляції складу крові.

# ФУНКЦІЇ КРОВІ

## 1. ТРАНСПОРТНА

Дихальна функція

Трофічна функція

Екскреторна функція

Регуляторна функція

Захисна функція

Терморегуляторна функція

# ФУНКЦІЇ КРОВІ

## 2. ГОМЕОСТАТИЧНА

Підтримка сталості хімічного складу і фізичних властивостей крові (осмотичного тиску, рН, температури, концентрації іонів та ін.).

Підтримка сталого об'єму циркулюючої крові (ОЦК).

Підтримка антигенного гомеостазу.

# ФУНКЦІЇ КРОВІ

## 3. КРЕАТОРНА

Макромолекули, які переносяться кров'ю, здійснюють міжклітинну передачу інформації, що забезпечує регуляцію внутрішньоклітинних процесів синтезу білків, збереження ступеня диференційованості клітин, відновлення і підтримку структури тканин.

# Склад і кількість крові

**Периферична кров** - це кров, яка циркулює в судинах і депонується в депо.

Периферична кров складається із

- плазми (55 - 60%)
- формених елементів (40 - 45%).

ОЦК = 6-8 % маси тіла ( 70 - 75 мл/кг маси; 4 - 6 л).

**ОЦК залежить від:**

- ✘ віку (у новонароджених ОЦК складає 10% маси)
- ✘ статі (у чоловіків – 7 - 8%, у жінок – 6 - 7% маси тіла);
- ✘ функціонального стану організму (у фізично тренуваних вищий, у спортсменів може досягати 10%)



**НОРМОВОЛЕМІЯ**

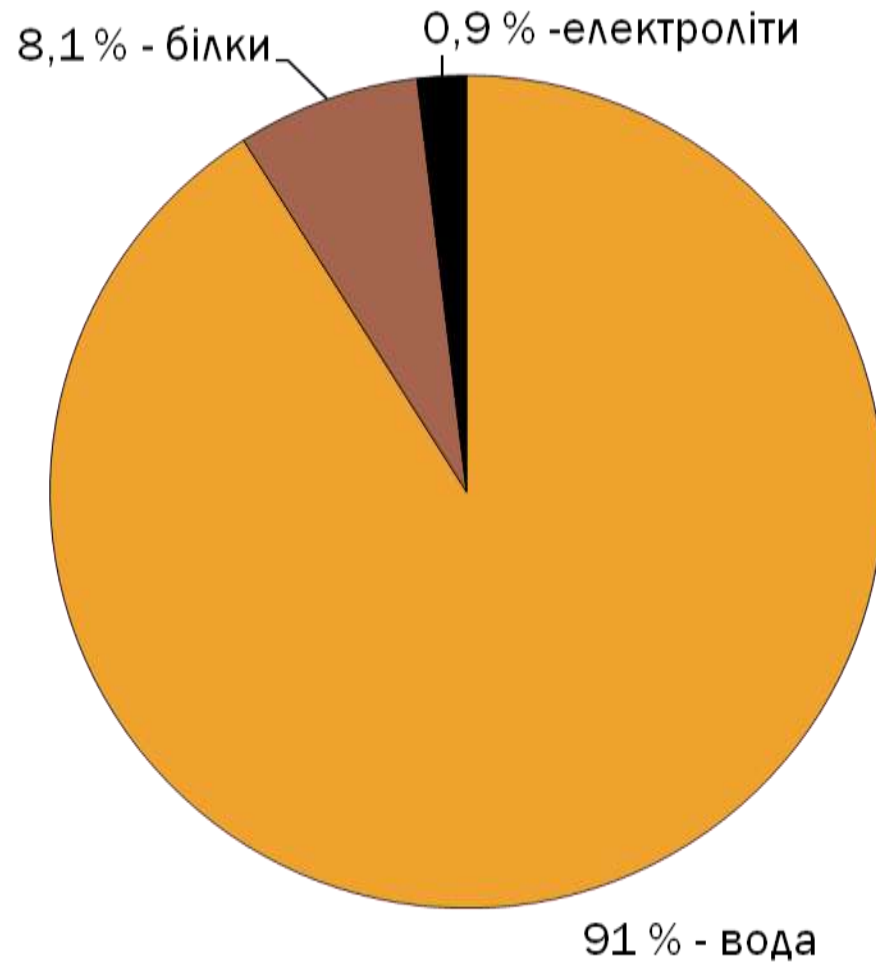


**ГІПЕР  
ВОЛЕ  
МІЯ**



**ГІПО  
ВОЛЕ  
МІЯ**

## Функціональні компоненти плазми крові





# Значення води

1

- Вода є середовищем, в якому знаходяться розчинені речовини і клітини крові.

2

- Вода є показником, який визначає ОЦК

3

- Необхідна для здійснення обміну речовин між кров'ю і тканинною рідиною.

4

- Впливає на реологічні властивості крові (в'язкість).

5

- Завдяки високій теплоємності здійснює перенесення тепла.

# *Значення білків*

1

• Транспортне

2

• Трофічне

3

• Ферментативне

4

• Гемостатичне

5

• Участь у підтримці рН

6

- Підтримка в'язкості крові

7

- Джерело БАР

8

- Здійснення креаторних зв'язків

9

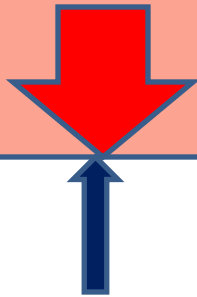
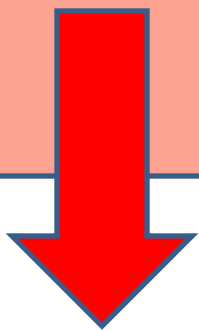
- Захисне

10

- Створення онкотичного тиску

➤  $p_{гк}$  - гідростатичний тиск крові;

➤  $p_{гт}$  - гідростатичний тиск  
тканинної рідини;

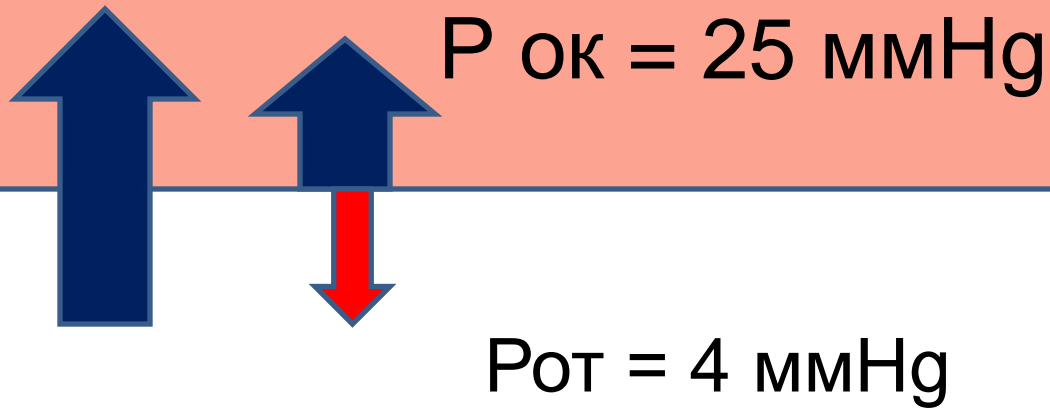


$P_{гк} = 32,5 \text{ ммHg}$

$P_{гт} = 3 \text{ ммHg}$

➤  $P_{ок}$  - онкотичний тиск крові;

➤  $P_{от}$  - онкотичний тиск тканинної рідини;



$$P_{\phi} = (P_{гк} + P_{от}) - (P_{гт} + P_{ок})$$

✘ Якщо  $P_{\phi} > 0$  - здійснюється фільтрація.

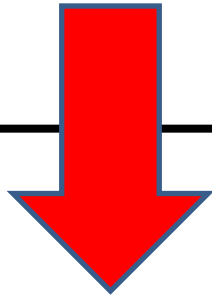
✘ Якщо  $P_{\phi} < 0$  - здійснюється реабсорбція.

# К а п і л я р

## Артеріальна частина

$$P_{гк} = 32,5 \text{ ммHg}$$

$$P_{ок} = 25 \text{ ммHg}$$



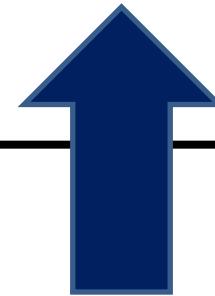
$$P_{гт} = 3 \text{ ммHg}$$

$$P_{от} = 4,5 \text{ ммHg}$$

## Венозна частина

$$P_{гк} = 17,5 \text{ ммHg}$$

$$P_{ок} = 25 \text{ ммHg}$$



$$P_{гт} = 3 \text{ ммHg}$$

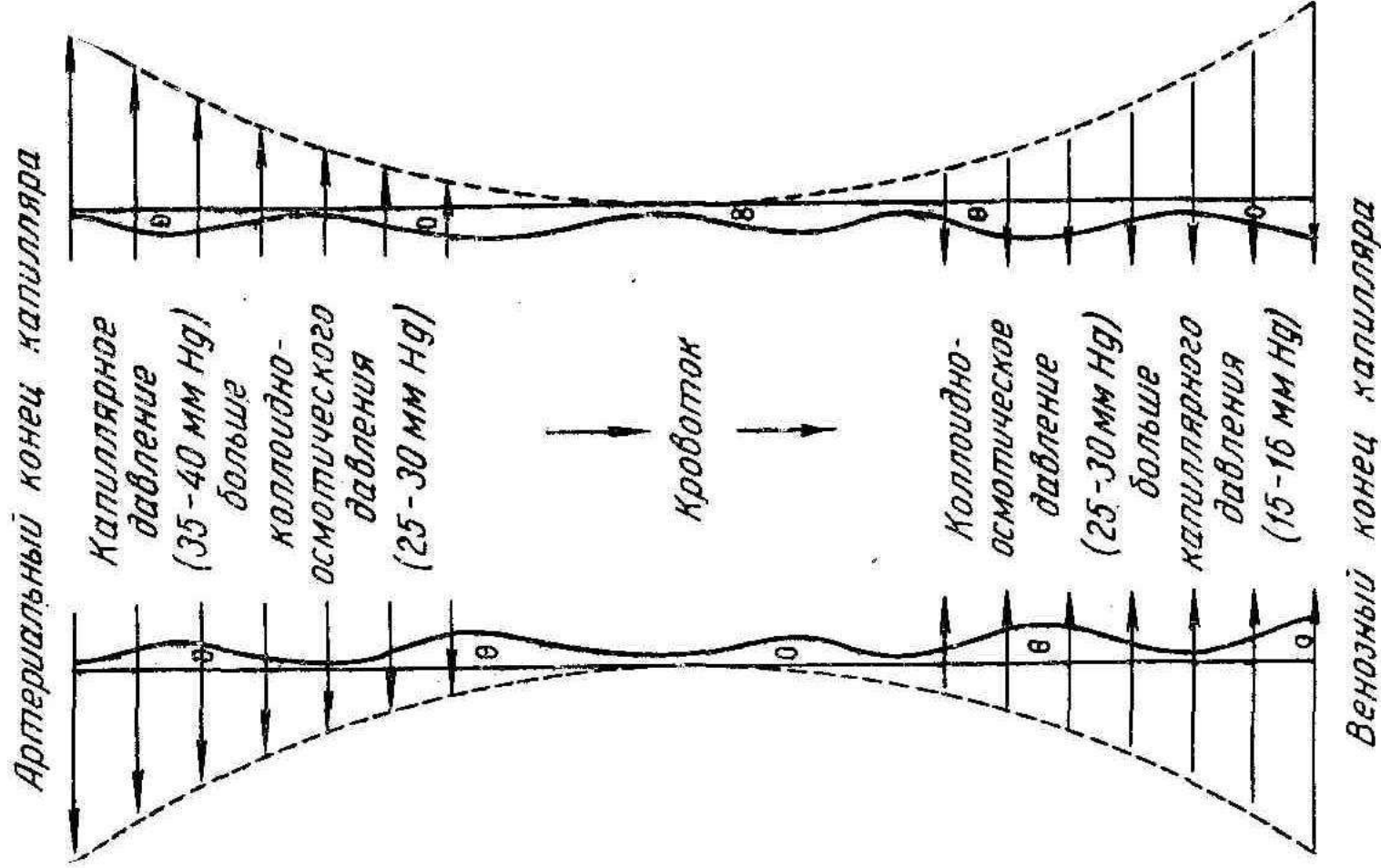
$$P_{от} = 4,5 \text{ ммHg}$$

$$P_{\phi} = (32,5 + 4,5) - (25 + 3) = 9 \text{ мм рт. ст.}$$

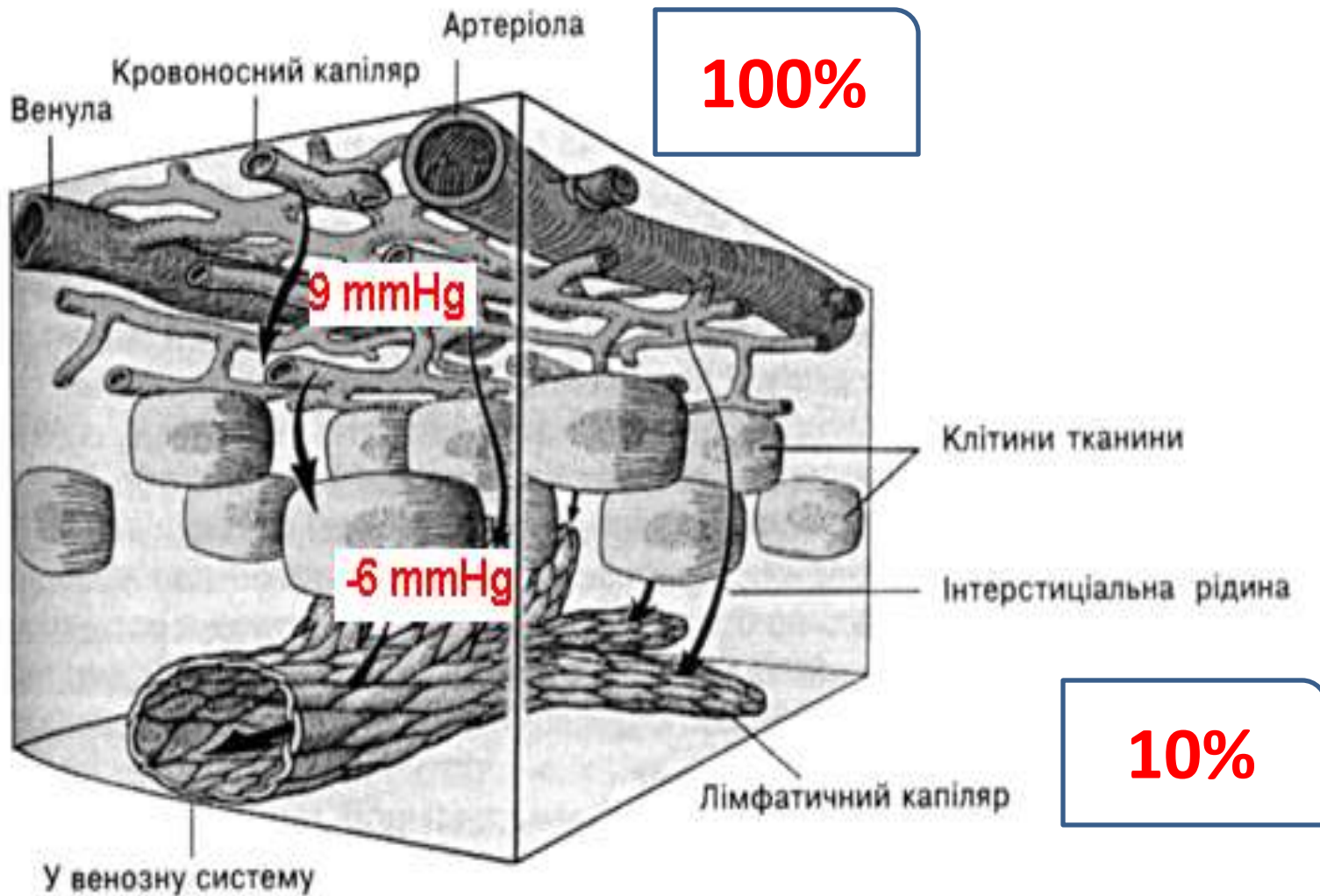
$$P_{\phi} = (17,5 + 4,5) - (25 + 3) = -6 \text{ мм рт. ст.}$$

## Механізм Старлінга

# СХЕМА СТАРЛИНГА







100%

9 mmHg

-6 mmHg

10%

90%

**Артеріальна частина**

**Венозна частина**

$P_{ГК} = 32.5 \text{ ммHg}$

$P_{ГК} = 17,5 \text{ ммHg}$

$P_{ок} = 18 \text{ ммHg}$

$P_{ок} = 18 \text{ ммHg}$

$P_{ГТ} = 3 \text{ ммHg}$

$P_{от} = 4,5 \text{ ммHg}$

$P_{ГТ} = 3 \text{ ммHg}$

$P_{от} = 4,5 \text{ ммHg}$

$P_{\phi} = (32,5 + 4,5) - (18 + 3) = 16 \text{ мм Hg}$

$P_{\phi} = (17,5 + 4,5) - (18 + 3) = 1 \text{ ммHg}$

- Кахектичні
- Нефротичні
- Печінкові
- Алергічні

**НАБРЯКИ !!!**

# *Значення електролітів*

Створення осмотичного тиску.

Росм = 7,5 атм

0,3 осмоля,

745 кПа,

5600 мм рт. ст.



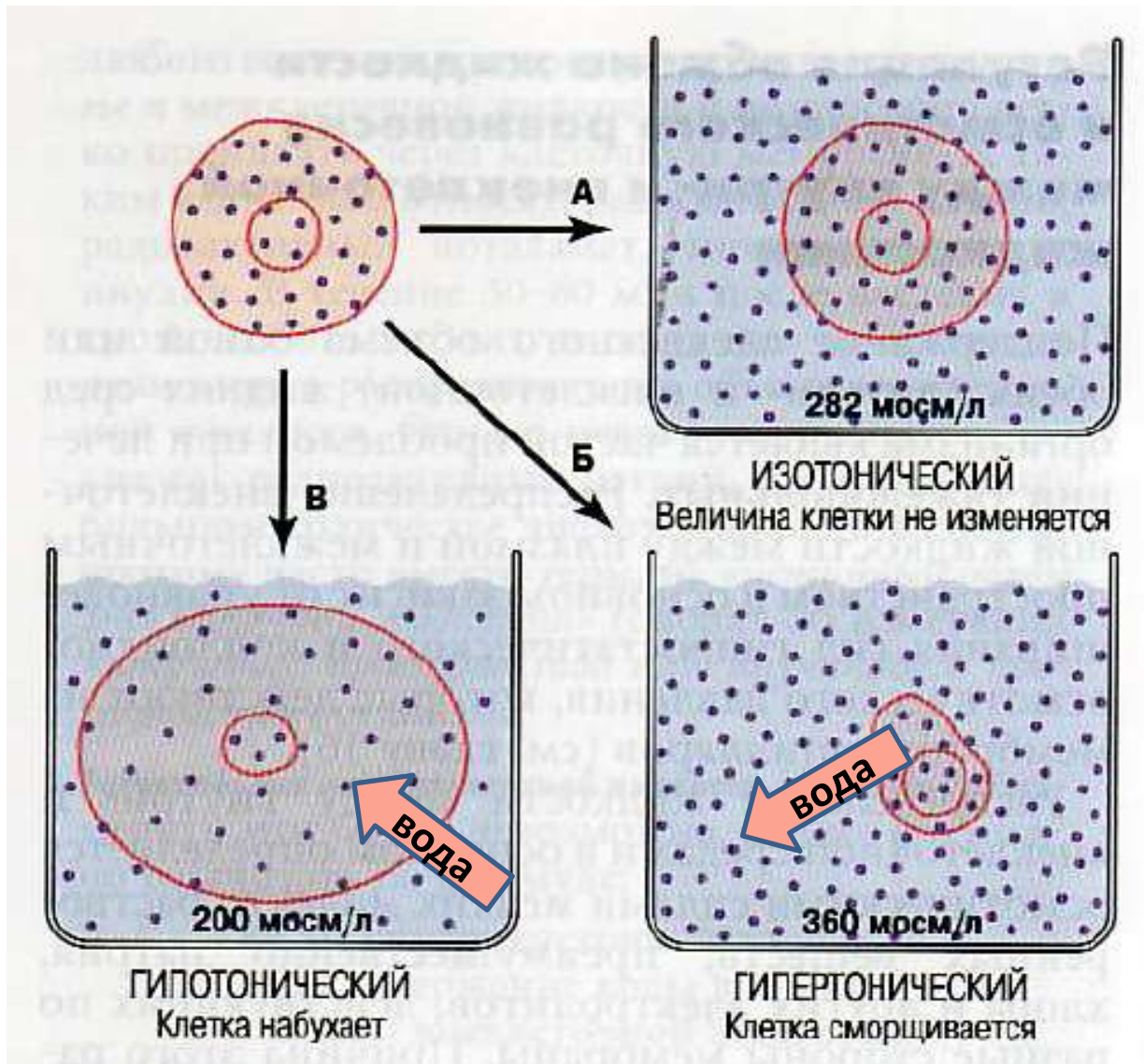
гіпертонічні

ізотонічні

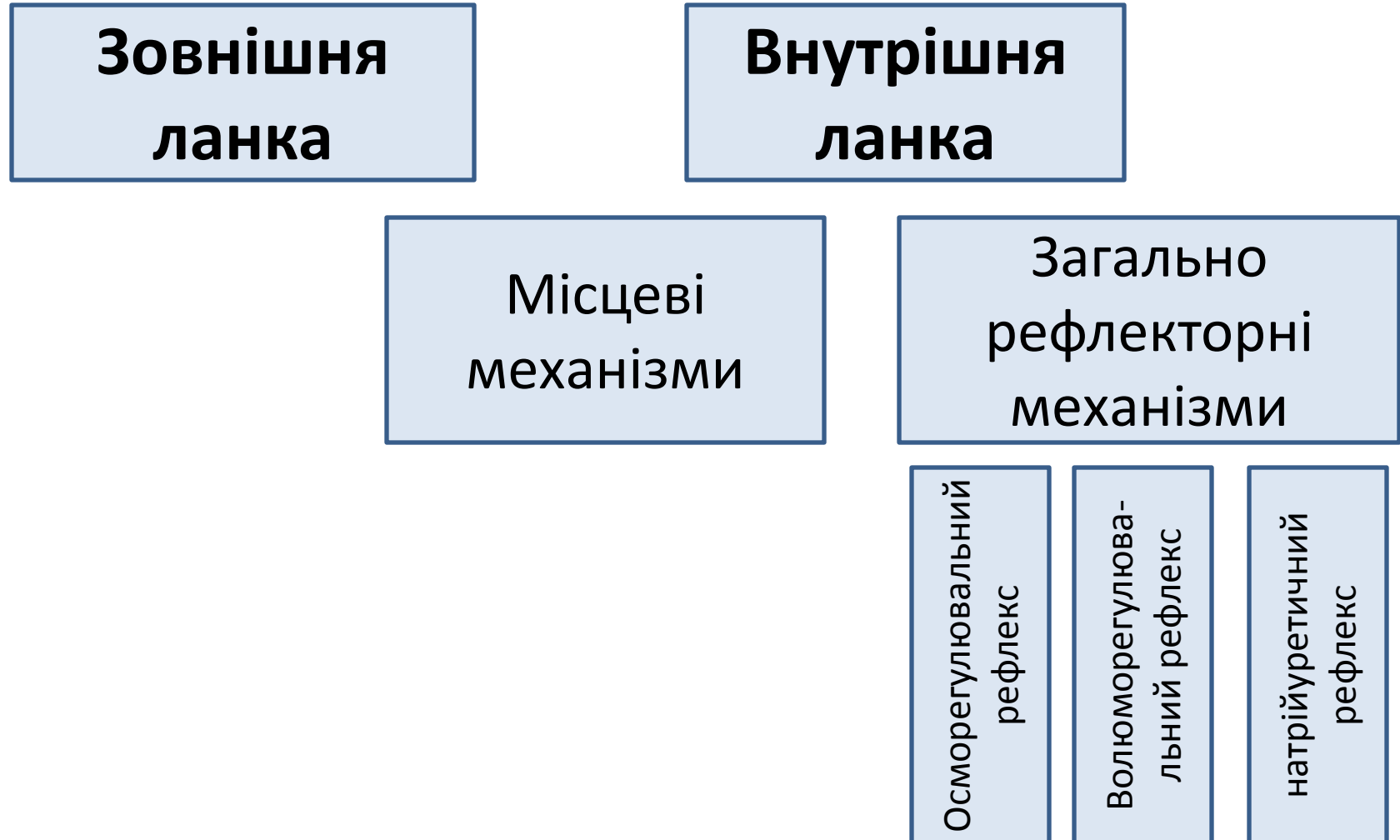
гіпотонічні

9% розчин NaCl,  
розчин Рінгера,  
Рінгера-Лока,  
Тіроде,  
5% розчин  
глюкози,  
гемодез

# Вплив $P_{осм.}$ На стан клітини



# *Функціональна система, що забезпечує сталість осмотичного тиску*



# ***Фізико-хімічні властивості крові:***

**Осмотичний  
тиск**

**В'язкість**

**Щільність  
крові**

**PH**

# Регуляція рН = Регуляція концентрації іонів водню

КОНЦЕНТРАЦІЯ ІОНІВ ВОДНЮ РЕГУЛЮЄТЬСЯ З  
ВИСОКОЮ ТОЧНІСТЮ

КОНЦЕНТРАЦІЯ ІОНІВ ВОДНЮ У РІДКИХ  
СЕРЕДОВИЩАХ ОРГАНІЗМУ ПІДТРИМУЄТЬСЯ НА  
НИЗЬКОМУ РІВНІ

Концентрації іонів у позаклітинному середовищі :

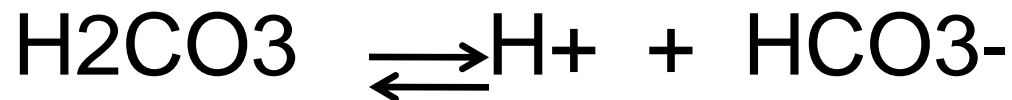
$Na = 142$  мекв/л

$H = 0,00004$  мекв/л  
(40 некв/л)

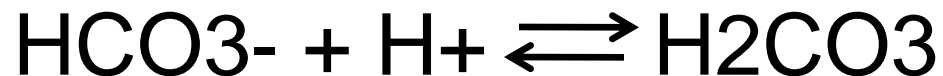
3,5 млн разів менша



- Кислоти – молекули, які дисоціюють з утворенням  $H^+$



- × Основи – іони або молекули, які здатні зв'язувати  $H^+$



# У регуляції кислотно-основної рівноваги беруть участь слабкі кислоти і слабкі основи

- × Сильні кислоти - кислоти, які швидко дисоціюють з утворенням великої кількості  $H^+$  у розчині
- × Сильні основи – основи, які активно і швидко взаємодіють з  $H^+$ , нейтралізуючи їх у розчині
- × Слабкі кислоти – кислоти, які повільно дисоціюють, не дають високої концентрації  $H^+$  у розчині
- Слабкі основи – основи, які повільно взаємодіють з  $H^+$

# Концентрації іонів H<sup>+</sup>

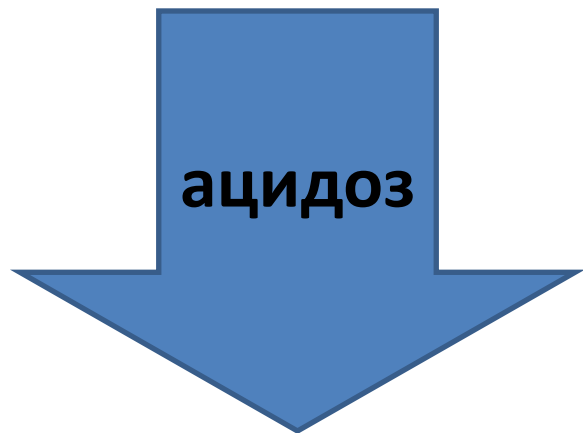
H = 0,00004 мекв/л

(40 некв/л)

$$\text{pH} = \log \frac{1}{[\text{H}^+]} = -\log[\text{H}^+].$$

pH обернено пропорційна концентрації іонів H<sup>+</sup> :  
чим більше H<sup>+</sup>, тим менший pH,  
чим менше H<sup>+</sup>, тим більший pH

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log [0,00000004] \\ \text{pH} &= 7,4. \end{aligned}$$



**ацидоз**

**pH=7,4 норма**



**алкалоз**

**pH=7,4 норма**

- **Межі pH = 6,8 – 8,0**
- **За таких pH людина може жити декілька годин**

## Концентрация ионов водорода и pH в различных биологических жидкостях

---

	Концентрация $H^+$ (мэкв/л)	pH
Внеклеточная жидкость		
артериальная кровь	$4,0 \times 10^{-5}$	7,40
венозная кровь	$4,5 \times 10^{-5}$	7,35
Межклеточная жидкость	$4,5 \times 10^{-5}$	7,35
Внутриклеточная жидкость	от $1 \times 10^{-3}$ до $4 \times 10^{-5}$	от 6,0 до 7,4
Моча	от $3 \times 10^{-2}$ до $1 \times 10^{-5}$	от 4,5 до 8,0
Желудочный сок	160	0,8

---

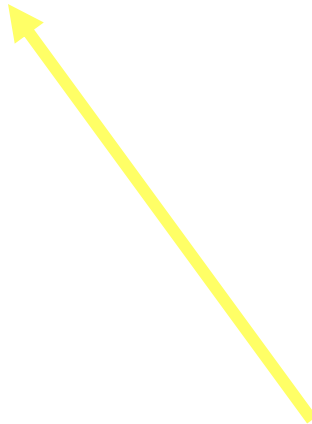
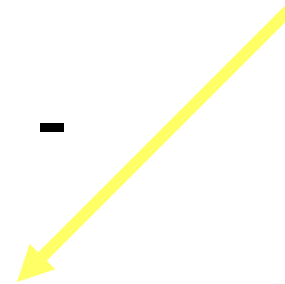
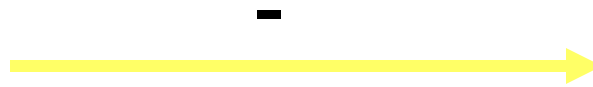
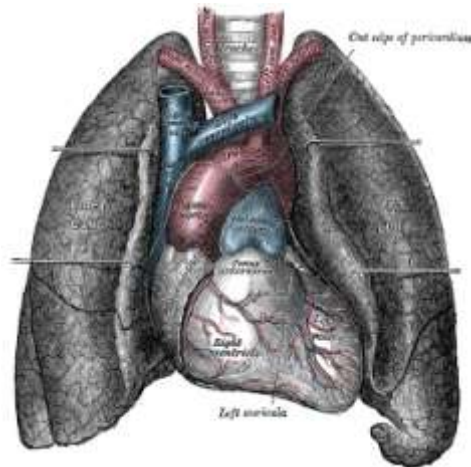
# Системи, які підтримують рН на сталому рівні

- Дихальна система
- Нирки
- Буферні системи рідких середовищ організму

# Участь системи зовнішнього дихання в регуляції рН

$\downarrow p\text{CO}_2$

Гіповентиляція





# Участь нирок в регуляції РН

- Ацидогенез
- Амоніогенез
- Реабсорбція бікарбонатів

# Участь буферних систем в регуляції pH

## Особливості дії буферних систем:

- Буферні системи швидко вступають в реакцію з кислотою або основою (долі сек.), запобігаючи змінам концентрації  $H^+$
- ✘ Буферні системи не виводять  $H^+$  і не збільшують їх вміст, вони зв'язують  $H^+$  (буферизують), до тих пір поки не відновиться кислотно-основна рівновага.

Буфер – речовина, яка здатна зворотно зв'язуватись з  $H^+$



При зростанні концентрації  $H^+$  реакція зсувається вправо, а при зниженні вліво

Завдяки такому механізму зміни концентрації  $H^+$  у рідких середовищах організму мінімальні

для зсуву рН у лужний бік до плазми крові потрібно додати у **40 - 70** разів більше NaOH, ніж до води,



для зсуву рН у кислий бік до плазми крові потрібно додати у **300 - 350** разів більше HCl, ніж до води

В буферній парі кислота - основа ємність лугів більша і буферні системи більш стійкі до дії кислот

# Буферні системи

*Бікарбонатний  
буфер*

$$\frac{[H_2CO_3]}{[NaHCO_3]} = \frac{1}{20}$$

*Фосфатний  
буфер*

$$\frac{[NaH_2PO_4]}{[Na_2HPO_4]} = \frac{1}{4}$$

*Гемоглобіновий  
буфер*

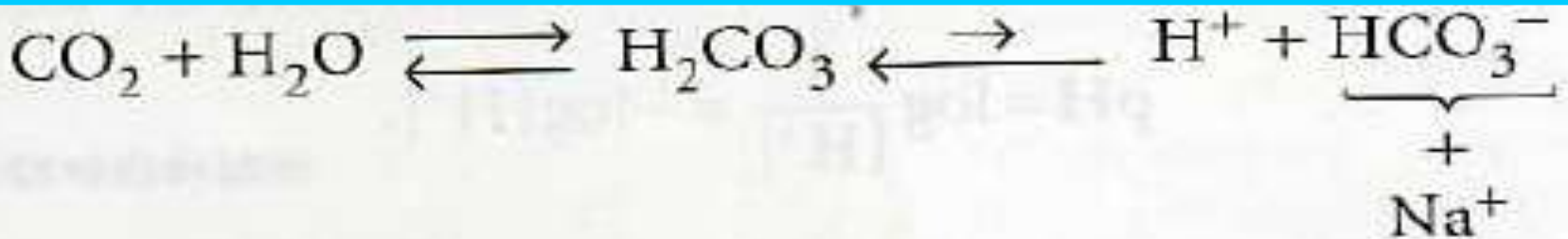
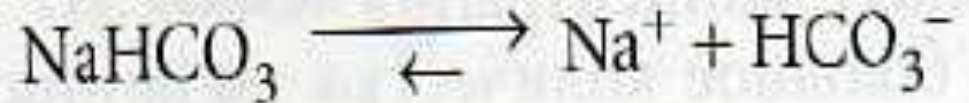
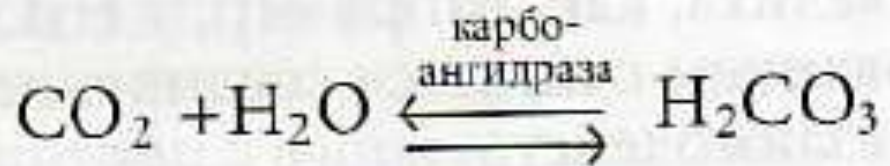
$$\frac{[HHb]}{[KHbO_2]}$$

*Білковий буфер*

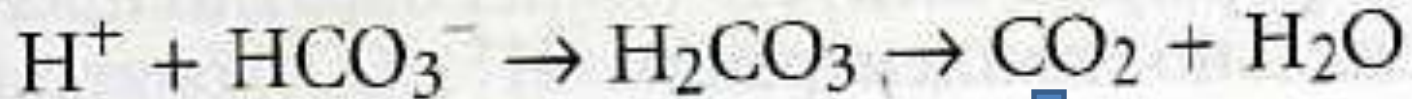
$$\frac{[RCOOH]}{[RCOOK]}$$

# Гідрокарбонатний буфер

$$\frac{[H_2CO_3]}{[NaHCO_3]} = \frac{1}{20}$$

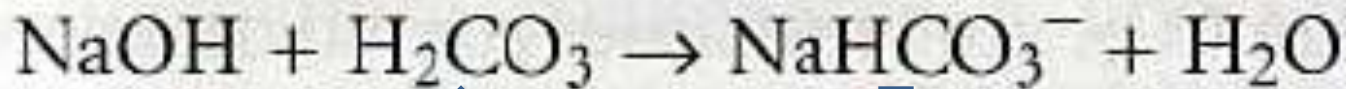


## АЦИДОЗ



**ГІПЕРВЕНТИЛЯЦІЯ У ЛЕГЕНЯХ**

## АЛКАЛОЗ



**НИРКИ**



ЗНИЖУЄТЬСЯ КОНЦЕНТРАЦІЯ  
CO<sub>2</sub> У ПЛАЗМІ



**ГІПОВЕНТИЛЯЦІЯ У ЛЕГЕНЯХ**

# ФОСФАТНИЙ БУФЕР

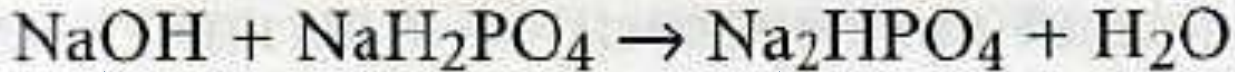
$$\frac{[NaH_2PO_4]}{[Na_2HPO_4]} = \frac{1}{4}$$



СИЛЬНА  
КИСЛОТА

СИЛЬНА  
КИСЛОТА

рН змінюється незначно



СИЛЬНА  
ОСНОВА

СИЛЬНА  
ОСНОВА

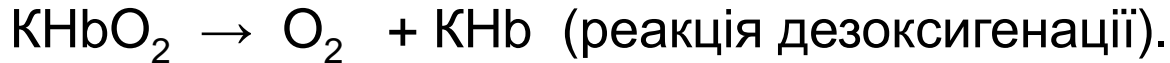
рН змінюється незначно



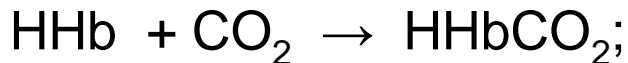
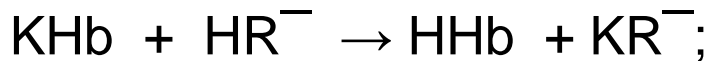
# ГЕМОГЛОБІНОВИЙ БУФЕР

- **Відновлений гемоглобін (ННЬ);**
- **Калієва сіль окисненого гемоглобіну (КНЬО<sub>2</sub>)**

У капілярах тканин у зв'язку з накопиченням кислих метаболітів виникає загроза **ацидозу**, і гемоглобін поводить себе як луг:



Гемоглобін, звільнений від кисню, має більшу здатність до приєднання протонів H<sup>+</sup>:



ННЬСО<sub>2</sub> транспортується в легені;

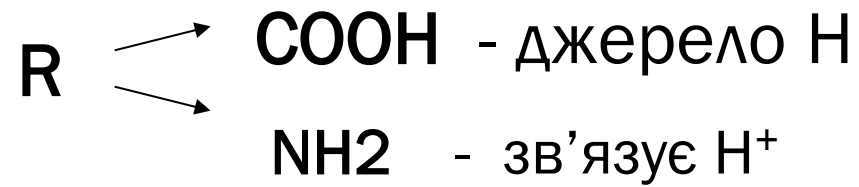


У легенях внаслідок вивільнення СО<sub>2</sub> виникає загроза **алкалозу**, і гемоглобін поводить себе як кислота.



2) сприяє утворенню Н<sub>2</sub>СО<sub>3</sub>, яка також дисоціює з утворенням H<sup>+</sup>

# БІЛКОВИЙ БУФЕР



# Показники кислотно - основного стану крові

$pH = 7,36-7,4$

$pCO_2 = 35 - 45$  мм рт.ст

Актуальний бікарбонат крові (лужний резерв крові) - істинна концентрація бікарбонатного іона  $HCO_3^-$  при фактичному стані артеріальної крові у кровоносному руслі.

$AB = 22 - 25$  ммоль/л

Стандартний бікарбонат крові (SB) - концентрація бікарбонатного іона  $HCO_3^-$  при повному насиченні гемоглобіну киснем (відображає зсув pH, не пов'язаний із диханням).

У нормі  $SB = AB$

Буферні основи (BB) - загальна сума концентрації всіх іонів крові, які мають буферні властивості при повному насиченні крові киснем.

$BB = 40 - 48$  ммоль/л

Надлишок буферних основ (BE) - різниця між кількістю буферних основ у піддослідного і стандартними величинами.

$HBO = - 2,5 + 2,5$